

trace fm layout= First Page | Claims | Description

**Número Publication:** FR2774510 A1 19990806

From french

to english

[Translate](#)

powered by Google

**PN** FR2774510      **A1** 19990806 [FR2774510]

**TI** METHOD OF TREATMENT OF SUBSTRATES, IN PARTICULAR SEMICONDUCTOR

**IN** AUBERTON HERVE ANDRE JACQUES

**PA** SOITEC SILICON ON INSULATOR (FR)

**PAC** FR (France)

**AP** FR9801172 19980202 [1998FR-0001172]

**PR** FR9801172 19980202 [1998FR-0001172]

**ICAA** H05B-033/02 [2006-01 A F I R M JP]

H01L-021/02 [2006-01 A L I R M JP]

H01L-021/265 [2006-01 A - I R M EP]

H01L-021/762 [2006-01 A - I R M EP]

H01L-027/12 [2006-01 A L I R M JP]

H01L-033/00 [2006-01 A L I R M JP]

**ICCA** H05B-033/02 [2006 C F I R M JP]

H01L-021/02 [2006 C - I R M EP]

H01L-021/70 [2006 C - I R M EP]

H01L-027/12 [2006 C L I R M JP]

H01L-033/00 [2006 C L I R M JP]

**AB** The invention relates to a method of processing substrates, including semiconductors, by implanting atoms in order to create a substrate cavities at a depth controlled, characterized in that it comprises the steps of: -- atoms implanted into the substrate a first depth, for an initial concentration of atoms at the first depth - implanted atoms into the substrate a second depth different from the first, to get to the second depth, a second concentration atoms, lower than the first - to perform on the substrate, a treatment able to migrate to the first depth, at least some of the atoms located at the second depth, preferably to generate the cavities at the first depth.

**CLMS CLAIMS**

1. Process for treatment of substrates, including semiconductors, by implanting atoms in order to create a substrate (1) cavities at a depth controlled, characterized in that it comprises the steps of: - implement atoms in the substrate (1) a first depth, for an initial concentration of atoms at the first depth; - Implanted atoms in the substrate (1) to a second depth different from the first, to get to the second depth, a second concentration of atoms, lower than the first - to perform on the substrate (1), a treatment able to migrate towards the first depth, at least some of the atoms located at the second depth, preferably to generate the cavities at the first depth.

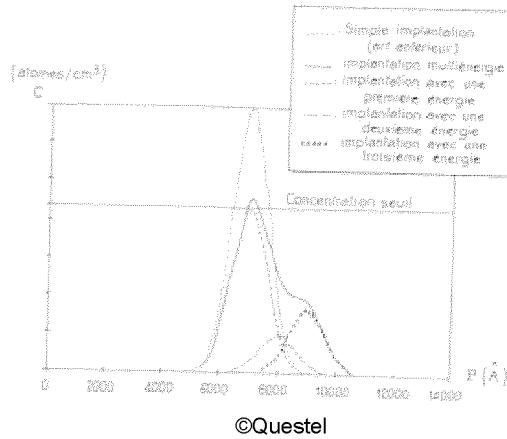
2. The method of claim 1, characterized by the fact that treatment be able to migrate at least some of the implanted atoms, is also able to defer to the first deep, structural disturbance and species related to chemical atoms implanted created the second depth by the atoms located at the second depth.

3. Process according to any preceding claim, characterized by the fact that treatment be able to migrate at least some of the atoms located at the second depth and defer to the first deep, structural disruption and chemical species related to atoms located, is a heat treatment.

4. Process according to any preceding claim, characterized by the fact that the cavities formed at the first depth is a zone of weakness at the level which can be carried out cleavage of the substrate (1).

5. Process according to claim 1 to 3, characterized in that it is applied to processing of substrates for producing components electroluminescent or photoluminescent.

6. Process according to any preceding claim, characterized by the fact that the implanted atoms are hydrogen atoms or noble gas.



©Questel

7. Process according to any preceding claim, characterized by the fact that several atomic species are used for the same treatment of the substrate (1).
8. Process according to any preceding claim, characterized in that at least one step of making atoms penetrate into the substrate (1) is performed by ion bombardment.
9. Process according to claim 1 to 7, characterized in that at least one step of implantation of atoms in the substrate (1) is achieved by immersing the substrate (1) in plasma.
10. Process according to any preceding claim, characterized in that the atoms are located respectively to the first and second depths in two planes parallel to one another and spaced a maximum of one another within a distance is significantly less than the distance separating the plane located at the first depth from the surface (3) of the substrate (1) closest to it.
11. Process according to any preceding claim characterized by the fact that it performs a multi-location to locate atoms in several different depths in order to obtain a distribution profile of the concentration of a peak with a shoulder on its the deeper side.
12. Process according to any preceding claim characterized in that it makes the location of atoms at three different depths.
13. Process according to any preceding claim, characterized in that the number of atoms located at the first depth is greater than the number of atoms implanted in the second and third depths, and that the number of atoms located at the second depth is less than the number of atoms located at the third depth.

**DESC** The present invention relates to substrates, including electronic or optical components. More specifically, it relates to a method for preparing substrates, including semiconductors, which will be used to achieve these components, or even a process contributing to the achievement of these components themselves on a substrate.

It is already known from document U.S. 5 374 564 M. Bruel, a process for manufacturing thin films of semiconductor material of submitting a plate of semiconductor material, - a step bombardment of a face of substrate with ions to implant these ions in sufficient concentration to create a layer of microcavities - a step into intimate contact with this surface of the substrate with a stiffener, and - to a heat treatment step to generate a cleavage of the substrate layer of microcavities.

This process is used for example for the realization of a thin film of silicon on insulator, the thin film consisting of the portion of the substrate remained on the stiffener after cleavage.

With this type of process, the area where the implantation takes place is disturbed, which determines the uniformity of thin film and its roughness at the surfaces located on both sides of the cleavage surface. It is then necessary to perform treatments to remove blemishes, wrinkles, etc.. These treatments include, for example, polishing the surfaces and / or heal the crystal structure by annealing. However, the more disturbed areas have expanded in depth, these treatments are more lasting and more homogénéité the thickness of the thin film and substrate remaining after cleavage is affected.

On the other hand, it is known that one can use the micropores of porous silicon to produce components electroluminescent or photoluminescent. However, these micropores obtained by electrochemical means have a scope and a large size which may limit the quality of luminescent phenomena that we seek to exploit. It would therefore be advantageous to have semiconductor substrates having cavities whose dimensions are better controlled and extend to a depth more localized to make luminescent components with better performance.

The purpose of this invention is to provide a process to better control the location, formation and growth of cavities.

This goal is achieved by a method of treating substrates, including semiconductors, by implanting atoms in order to create a substrate cavities at a depth controlled, characterized in that it comprises the steps of To: - Implanting atoms into the substrate a first depth, for an initial concentration of atoms at the first depth; - Implanting atoms into the substrate a second depth different from the first, to get to the second depth, a second concentration of atoms, lower than the first - to perform on the substrate, a treatment able to migrate to the first depth at least some of the atoms located at the second depth, so as

to generate the cavities preferably at the first depth.

When we enter the atoms in a substrate from a surface of the substrate, for example by implanting they are distributed in it. The concentration of atoms in the substrate has a distribution pattern according to the depth that form a peak with a maximum at a certain depth. This peak has a width for a given concentration, which is more important than the number of atoms that have penetrated into the substrate is important. The presence of these atoms into the substrate disturbs it and the extent of the disturbed area is greater as the peak at a given concentration is large. However, some special effects, as a weakening of the substrate sufficient to cleave it, or the formation of microcavities for a luminescent effect, etc.. require concentration of large atoms implanted in the area where you want to get the desired effect. In such cases the method of the invention is particularly interesting because it allows to limit the depth extent of the disturbed area, while achieving the necessary concentration to obtain the desired effects.

The method of the invention consists in a step for implanting atoms into the substrate to obtain an initial concentration of atoms forming a first peak with a first width and a first maximum located at a first depth. By limiting the number of atoms implanted at this stage can reduce the width for a given concentration, the concentration profile. This results in a reduction of the surface extent of the area most affected by the implanted atoms.

In another step of the process according to the invention, atoms are implanted into the substrate a second depth different from the first, to get to the second depth, a second concentration of atoms below the first. There is a reservoir of atoms implanted disturbances such as structural defects or deficiencies generated by the implanted atoms, chemical species related to implanted atoms, etc.. which can then migrate or delay in the vicinity of the first depth. The number of atoms located in the reservoir is adapted so that the sum of atoms implanted in the first and second depths is sufficient to produce cavities in the first depth, after a suitable treatment to migrate to the first depth at least some of the atoms located at the second. It is understood that this treatment may also defer the second depth to the first deep structural disturbances such as faults or deficiencies generated by the implanted atoms, and chemical species related to implanted atoms (V-H4). We will use thereafter, the expression generic species related to atoms implanted to designate all these disturbances and those related to chemical species implanted atoms.

With the method of the invention can therefore reduce the width of the peak reached at the first depth, by implanting into the substrate fewer atoms at the corresponding stage of implementation, but getting the number of atoms needed to obtaining the desired effect in the vicinity of the first depth by the contribution of implanted atoms, and various species related to implanted atoms, having migrated from the reservoir.

Other aspects, objects and advantages of the present invention will become apparent on reading the following detailed description.

The invention will also be better understood with the help of references to drawings in which: - Figure 1 shows schematically the steps of an exemplary implementation, not limited to, the method of the invention; - Figure 2 shows a profile of the dispersion of concentration C ion implanted with depth P in the substrate, this profile corresponds to a mode of implementation of a process of prior art; - Figure 3 shows schematically the disturbance induced in the substrate, the implementation of a process of prior art; - Figure 4 shows, on the same chart, profile already represented in Figure 2 and profile dispersion of concentration C atoms implanted according to the depth P, this profile corresponds to a mode of implementation according to the invention, - Figure 5 shows schematically the disturbance induced in the substrate, the implementation of a process according to this invention, and - Figure 6 shows on one diagram, a different profile dispersion concentration C atoms implanted according to the depth P, this profile corresponds to a mode of implementation according to the invention.

A method of implementing particular, but not limited to, the method of the invention, shown in Figure 1, it is used for the preparation of a thin film 5, in particular semiconductor material.

More precisely, the mode of implementation of the process according to the invention, detailed below, the realization of microcavities in substrate 1, for example thin film 5 of silicon on insulator.

Subsequently, we denote by microcavities defects or cavities in the substrate 1, created by one or more atoms implanted. The shape and size of the microcavities can be very variable. The shape of these microcavities can be roughly spherical. This is called microbubbles. But more generally, microcavities have a lens-shaped, flattened cylinder or a more irregular shape. Their size is of nanometer to several hundred nanometers. These microcavities may contain free gas phase and / or atoms of the material forming the walls of the microcavities. These microcavities are generally known in the Anglo-Saxon terminology, platelets, or microblisters bubbles.

Subsequently, we refer to as atom l'atome both in its ionized form as in its neutral form or in a molecular form.

A substrate 1 of semiconductor material is subjected to a step implantation of atoms to create a layer of microcavities 2 and a reservoir layer (Fig. 1a), possibly at a stage of intimate contact with one side 3 substrate 1 with a stiffener 10 (FIG. 1b), and a step of heat treatment or annealing, which allows the diffusion of atoms, and various species related to atoms implanted reservoir layer to the layer of microcavities to grow microcavities (Figure 1c). The growth of microcavities induced constraints and the coalescence of some of them. This leads to cleavage of the substrate 1 to layer 2 of microcavities.

As shown in Figure 1, the substrate 1 of semiconductor material, for example, form a wafer having two main faces 3, 4 parallel, whose dimensions are much greater than the distance separating the two sides 3, 4, ie the thickness of the wafer. This plate typically has a diameter of 200 mm (8 inches) and a thickness of 725 um. The semiconductor material is for example monocrystalline silicon, whose faces 3 and 4 are parallel to crystallographic planes (100).

The thin film 5 is obtained from the substrate 1. The thin film 5 is composed of matter between a 3 in both sides 3, 4 and layer 2 microcavities, in which the cleavage will be triggered.

The implantation step atoms microcavities layer 2 and layer shell is preferably made by taking a bombardment of ions on the face 3 of substrate 1 (Fig. 1a), for example through an ion implanter. In this case, the choice of accelerating voltage allows ions to control the depth of implantation.

The accelerated ions penetrate into the substrate 1 where they undergo collisions with atoms of silicon, and an electronic braking. They then interact with atoms of silicon and possibly create chemical bonds with them (the Si-H bonds, for example, when the atom is implanted hydrogen).

Both modes of interaction, ie the impact of implanted atoms with atoms of silicon and electronic braking distribution of lead concentration in atoms implanted according to the depth of implantation. The distribution pattern of concentration of implanted atoms as a function of implantation depth shows a maximum (Figures 2, 4 and 6). This profile is roughly Gaussian type, but it responds to more complex statistical laws. This profile has a width for a given concentration, even greater than the dose of atoms bombarding the surface of the front 3 is important. The dose determines the concentration of atoms implanted into the substrate 1 at a given depth. For example, when the face 3 of a monocrystalline silicon wafer, corresponding to a crystallographic plane (100), is subjected to a bombardment of H ions accelerated by a voltage of 150 KV, the implanted atoms are distributed with maximum concentration which is approximately 1.3 um in the face 3.

There is a threshold concentration in atoms implanted beyond which microcavities, or precursors to the growth of these microcavities are formed with a size and number sufficient so that the area where the concentration threshold is reached or a privileged area of growth and coalescence of microcavities, lorsqu'est completed treatment, preferably heat, able to move atoms implanted and various species related to atoms located in the vicinity of this area.

Areas where this concentration threshold is reached or exceeded, are also those where disturbances will occur most important and cleavage. This extension in depth of these areas it is advantageous to minimize.

In the mode of implementation of the prior art, the bombing was extended by keeping the same accelerating voltage beyond the threshold concentration, to obtain the concentration of implanted atoms, necessary for cleavage. In this way, we obtained a single peak in the distribution pattern of the concentration of implanted atoms as a

function of depth. The width of this single peak and its maximum was relatively high (Figure 2). The disturbed area, width AP, which consequently result was also relatively large depth (Figure 3). It also followed a significant roughness at the surfaces of both sides of the cleavage plane, as well as inhomogeneities of the material over a substantial depth from the interface of cleavage.

In the mode of implementation according to the present invention, the procedure for implantation of atoms with an initial energy. We obtain a first peak of the distribution of concentration versus depth of implantation. The first peak shows a maximum at the first depth, which corresponds to an initial maximum concentration. The bombing at the first drive is stopped, preferably before the atomic concentration threshold has been reached.

In other words, after stopping at the first bombardment energy, the atoms are still insufficient concentration in the region of the substrate 1, near the peak maximum concentration to generate microcavities in size and number sufficient to obtain a cleavage in desired conditions. In the mode of implementation of the invention described here, we realize then a second and preferably third locations, respectively second and third energy, different from each other and different from the first drive. An example of distribution pattern of concentration C atoms implanted, according to the depth P in the substrate 1 from the surface 3, obtained for this mode of implementation of the invention with three energy implantation is shown in Figure 4. For comparison with the prior art, is also shown in Figure 4, the distribution pattern of Figure 2, obtained a settlement with a single energy. In this figure is also drawing a line parallel to the axis, at the threshold concentration in atoms implanted.

According to the invention, the bombarded atoms on the face 3 of the substrate 1 with the second and third energies are implanted with maximum concentrations below the maximum concentration of implanted atoms in the first drive. After implantation in the second and third energy, the maximum total atomic concentration is above the threshold concentration.

For example, with H<sup>+</sup> ions implanted in silicon oriented (100), with an energy between 60 and 80 keV, the threshold concentration is exceeded in a zone extending in depth over a distance less than 600 Å, whereas with the method of the prior art, this distance was greater than 800 Å.

Advantageously, to move the disturbed area to the portion of the substrate 1 will be eliminated after cleavage, the second and third energies are higher than the first energy.

Microcavities most stable are those present in the area where the atoms are located in highest concentration, ie the area where they were implanted with the first drive. This zone is called zone of generation of cavities. Defects and microcavities in the regions of the substrate 1 near the area of generation of cavities, migrate to the microcavities of this area during the heat treatment. The area from which the implanted atoms, and various species related to implanted atoms migrate to the area of generation of cavities, is called the reservoir. Thus, by adjusting the number of atoms located at the second and third energy, for they constitute a reservoir of atoms large enough, the growth of microcavities may be up to their coalescence and / or until the constraints induced by this growth can cause splitting.

Figure 5 shows schematically the generation zone of the shell cavities and under the distribution pattern of the concentration of implanted atoms.

In the example implementation of the method of the invention illustrated in Figure 4, the number of atoms located at the first depth is greater than the number of atoms implanted in the second and third depths and the number of atoms located at the second depth is less than the number of atoms located at the third depth. In this example, the total dose of implanted atoms with the first, second and third energy is equal to that in the case of a single implant energy, the prior art.

Le procédé de préparation de films minces selon l'invention est optimisé en calibrant les concentrations en atomes implantés aux diverses énergies, pour que la concentration maximale en atomes implantés à l'une des énergies soit la plus proche possible de la concentration seuil avant traitement thermique, tout en implantant au total suffisamment d'atomes pour pouvoir faire croître et coalescer les microcavités et/ou générer les contraintes nécessaires pour avoir

clavage.

Generally, we try to obtain a distribution profile of concentration versus depth, showing a peak with a shoulder on its side deepest. The peak must be intense and well defined to optimize the location of the training area of microcavities. The shoulder must be clearly swollen to form a reservoir sufficiently large atoms implanted. This can be achieved in many ways by making a multi-location two, three, four different energies, or more, for implanting atoms with two, three, four deep, or more.

In order that the implanted atoms do not diffuse rapidly out of the box to the desired depth or even outside of the semiconductor material itself, the temperature of the substrate 1 is preferably controlled and maintained between 20 ° C. and 450°C for the stage of implantation. However, after the implantation step, to move the atoms implanted and the various species related to atoms implanted into the first depth, the temperature of heat treatment is advantageously greater than 150 C. This heat treatment should allow, in addition to the migration of implanted atoms, a crystalline rearrangement and coalescence of microcavities, all with appropriate kinetics.

Advantageously, the implanted atoms to the first and second depths are in two planes parallel to each other, and a maximum spaced apart a distance that is substantially less than the distance separating the plane the first depth of the surface 3 of substrate 1 or the area closest to the plane of the first depth. Indeed, during the heat treatment, there is migration of implanted atoms and various species related to atoms implanted, it is necessary that the implanted atoms, and various species related to atoms implanted in the second and third depths can reach the area generation of cavities without a significant amount of atoms located at the first depth had reached the surface 3 of substrate 1.

For many applications, one seeks to obtain a thin film 5 on a large area, even on the entire face 3 of the substrate 1.

For this type of application, a stiffener 10 is necessary. The role of the stiffener 10 is, among other things, limit the effect on the thin film 5, the constraints caused by the formation and growth of microcavities. The choice of method of manufacture of the stiffener 10 and its nature is made depending on each application referred to the thin film. For example, if the application is referred to that described above, ie the realization of a thin film 5 of silicon on insulator, the stiffener 10 is advantageously a new substrate of silicon oxide-coated. Then the oxide is placed in intimate contact with the substrate 1. The stiffener 10 may be deposited directly on the substrate 1, using deposition techniques such as evaporation, sputtering, deposition chemical vapor assisted or plasma or photons, since the thickness is moderate, ie the order of a few micrometers to several tens of micrometers. The stiffener 10 can also be bonded to the substrate 1 or by a substance belonging to both the stiffener 10 and the substrate 1, either by heat treatment and / or electrostatic possibly coupled with an appropriate pressure to encourage the interatomic bonds between the stiffener 10 and the substrate 1.

The main improvement brought by the method of the IMPLEMENTATION process according to the invention described above, compared to the prior art, is to reduce the surface extent of the disturbed area and / or roughness on the thin film 5.

According to an alternative mode of implementation of the method of the invention described above, the maximum concentration achieved when the first implant energy is greater than the threshold concentration (Fig. 6). In this case, we obtain a width of the zone where the concentration is above the threshold concentration that is larger than the mode of implementation described above, but the PROCESSES production can be accelerated by reducing the time migration.

For some applications, it does not necessarily trying to reduce the width of the disturbed area. For example, to produce very thin films, one can instead try to move the centroid of the peak concentration to the region of the substrate 1 located on the side of the cleavage plane that contains the thin film 5. To this end, we achieved a settlement with a first implant energy to atoms with a maximum concentration, possibly exceeding the threshold concentration. This locates the thin film 5 between the front 3 and the plane where these atoms are located. Then it performs at least one other location with a second energy above the first drive, but so that the maximum concentration is lower than that corresponding to the first drive. In this way, the atoms

located at the highest energy can be a reservoir implanted atoms, and various species related to atoms implanted able to migrate to the area where the concentration of implanted atoms is higher. This reservoir is located on the other side of the thin film 5, in relation to this last area. After cleavage regions of the substrate 1 disrupted by the formation of the reservoir are not part of the thin film 5. In addition, due to the completion of this reservoir, the number of atoms located at the first energy can be lower than it should be for a single location. Therefore, the peak corresponding to the first implant energy may be less intense and less broad, which locates the best area where the concentration is above the threshold concentration, further in depth. By moving the start of this area, it is possible to reduce the thickness of thin film 5 that can be achieved.

The invention also takes all its interest when we want to implement higher energy, for example when the thin film 5 is covered with a thick oxide layer. Indeed, the more energy the higher the dispersion is greater and the peak distribution of the concentration versus depth is large and, consequently, the most disturbed area is greater. The invention, and minimizing the width of the disturbed area, can limit the treatments to remove the area and allows for thin film 5 more uniform in thickness.

In the foregoing, the terms first, second and third are not used to specify any operative order. Thus, the settlements made with the second and third energies can be completed prior to that carried out the first drive.

In the example implementation of the method of the invention described above, one species of atoms, hydrogen is used. For some applications it is advantageous that the implanted atoms are atoms of noble gas. Advantageously also, several atomic species can be used for equal treatment of the substrate 1.

Other atomic species can be used are eg l'hélium, argon, neon, krypton or xenon. But you can use any other atom may create microcavities or zone of weakness in the material undergoing treatment.

Each atomic species can be accelerated to an energy or even several different atomic species can be accelerated with the same energy. Similarly, the method of the invention can be implemented by implanting atoms by ion bombardment, with an ion implanter. But it is possible to use any other source of atoms, which may accelerate with an energy appropriate to the desired depth of implantation. We can make such an immersion of the substrate 1 in plasma using an accelerating electric field near the material implanted. It is also conceivable without departing from the spirit of the invention, to make an introduction by diffusion of atomic species for implantation in the substrate 1. In this case, the distribution pattern of concentration versus depth in the substrate 1, is a Gaussian peak, but rather takes the form of a Poisson distribution. We then called implantation depth, the maximum of this distribution.

In the example of implementing the method of the invention described above, the cleavage is obtained through the constraints imposed by the growth of these voids and the coalescence of them. These effects are induced by migration, caused by the heat treatment of implanted atoms, and various species related to atoms implanted in the second and third energy. This heat treatment can be combined with mechanical stress likely to facilitate or cause a rift in microcavities. This mechanical stress, for example, generated by ultrasound. This alternative implementation of the method of the invention is particularly useful when one is content to weaken the substrate 1 at the box generation of cavities, without necessarily making these microcavities grow until they coalesce.

In the example implementation of the method of the invention described with the substrate 1, at least one element conferring a heterogeneous structure by the material of this element or by the relief that this element generates on this side. This heterogeneous structure is formed by example of an electronic component or a multilayer structure homogeneous or heterogeneous.

The method of the invention is also applicable to substrates 1 insulator, superconductor, etc.. Generally, it is advantageously used with materials for making electronic components, optical or opto-electronic devices.

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 774 510  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) N° d'enregistrement national : 98 01172  
(51) Int Cl<sup>6</sup> : H 01 L 21/265, H 05 B 33/10

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 02.02.98.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 06.08.99 Bulletin 99/31.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES Societe anonyme — FR.

(72) Inventeur(s) : AUBERTON HERVE ANDRE JACQUES.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : REGIMBEAU.

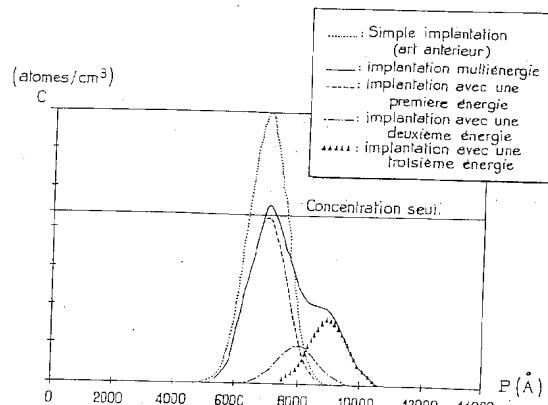
### (54) PROCEDE DE TRAITEMENT DE SUBSTRATS, NOTAMMENT SEMI-CONDUCTEURS.

(57) L'invention concerne un procédé de traitement de substrats, notamment semi-conducteurs, par implantation d'atomes, dans le but de créer dans un substrat des cavités à une profondeur contrôlée, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

- planter des atomes dans le substrat à une première profondeur, pour obtenir une première concentration d'atomes à cette première profondeur;

- planter des atomes dans le substrat à une deuxième profondeur différente de la première, pour obtenir à cette deuxième profondeur, une deuxième concentration d'atomes, inférieure à la première;

- effectuer sur le substrat, un traitement apte à faire migrer vers la première profondeur, au moins une partie des atomes implantés à la deuxième profondeur, de manière à générer préférentiellement les cavités à la première profondeur.



La présente invention concerne le domaine des substrats, notamment pour composants électroniques ou optiques. Plus précisément, elle concerne un procédé pour préparer des substrats, notamment semi-conducteurs, qui seront utilisés pour réaliser ces composants, ou même 5 d'un procédé contribuant à la réalisation de ces composants eux-mêmes sur un substrat.

- On connaît déjà, par le document US 5 374 564 de M. Bruel, un procédé de fabrication de films minces de matériau semi-conducteur consistant à soumettre une plaquette de matériau semi-conducteur,
- 10 - à une étape de bombardement d'une face du substrat avec des ions, afin d'implanter ces ions en concentration suffisante pour créer une couche de microcavités,
- à une étape de mise en contact intime de cette face du substrat avec un raidisseur, et
- 15 - à une étape de traitement thermique pour générer un clivage du substrat au niveau de la couche de microcavités.

Ce procédé est par exemple utilisé pour la réalisation d'un film mince de silicium sur isolant, le film mince étant constitué de la partie du substrat restée sur le raidisseur après clivage.

20 Avec ce type de procédé, la zone où s'effectue l'implantation est perturbée, ce qui conditionne l'homogénéité du film mince et sa rugosité au niveau des surfaces situées de part et d'autre de la surface de clivage. Il est donc ensuite nécessaire de réaliser des traitements pour éliminer les défauts, les rugosités, etc.. Ces traitements consistent, par exemple, à polir 25 les surfaces et/ou guérir la structure cristalline par recuit. Or, plus les zones perturbées sont étendues en profondeur, plus ces traitements sont longs et plus l'hommogénéité d'épaisseur du film mince et du substrat restant après clivage, en est affectée.

D'autre part, il est connu que l'on peut utiliser les micropores du 30 silicium poreux pour réaliser des composants électroluminescents ou photoluminescents. Or, ces micropores obtenus par des moyens électrochimiques présentent une étendue et une taille importantes qui

peuvent limiter la qualité des phénomènes luminescents que l'on cherche à exploiter. Il serait donc avantageux de disposer de substrats semi-conducteurs, ayant des cavités dont les dimensions sont mieux contrôlées et s'étendent sur une profondeur mieux localisée, afin de réaliser des 5 composants luminescents présentant de meilleures performances.

Le but de la présente invention est de proposer un procédé permettant de mieux contrôler la localisation, la formation et la croissance de cavités.

Ce but est atteint grâce à un procédé de traitement de substrats, 10 notamment semi-conducteurs, par implantation d'atomes, dans le but de créer dans un substrat, des cavités à une profondeur contrôlée, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à:

- planter des atomes dans le substrat à une première profondeur, pour obtenir une première concentration d'atomes à cette première 15 profondeur ;

- planter des atomes dans le substrat à une deuxième profondeur différente de la première, pour obtenir à cette deuxième profondeur, une deuxième concentration d'atomes, inférieure à la première ;

- effectuer sur le substrat, un traitement apte à faire migrer vers la 20 première profondeur, au moins une partie des atomes implantés à la deuxième profondeur, de manière à générer préférentiellement les cavités à la première profondeur.

Lorsque l'on fait pénétrer des atomes dans un substrat à partir d'une surface de ce substrat, par exemple par implantation, ils se distribuent dans 25 celui-ci. La concentration de ces atomes dans le substrat a un profil de distribution en fonction de la profondeur qui forme un pic avec un maximum à une certaine profondeur. Ce pic a une largeur, pour une concentration donnée, qui est d'autant plus importante que le nombre d'atomes ayant pénétré dans le substrat est important. La présence de ces atomes dans le 30 substrat perturbe celui-ci et l'étendue de la zone perturbée est d'autant plus grande que le pic, à une concentration donnée, est large. Or, certains effets particuliers, comme une fragilisation du substrat suffisante pour pouvoir le

cliver, ou la formation de microcavités pour obtenir un effet luminescent, etc., nécessitent une concentration en atomes implantés importante dans la zone où l'on souhaite obtenir l'effet recherché. C'est dans ce type de cas que le procédé selon l'invention est particulièrement intéressant, car il 5 permet de limiter l'étendue en profondeur de la zone perturbée, tout en atteignant la concentration nécessaire à l'obtention des effets désirés.

Le procédé selon l'invention consiste lors d'une étape, à planter des atomes dans le substrat pour obtenir une première concentration d'atomes formant un premier pic avec une première largeur et un premier 10 maximum situé à une première profondeur. En limitant le nombre d'atomes implantés à cette étape, on peut réduire la largeur, pour une concentration donnée, du profil de concentration. Ceci se traduit par une réduction de l'étendue en profondeur de la zone la plus perturbée par les atomes implantés.

15 Lors d'une autre étape du procédé selon l'invention, des atomes sont implantés dans le substrat à une deuxième profondeur différente de la première, pour obtenir à cette deuxième profondeur, une deuxième concentration d'atomes, inférieure à la première. On constitue ainsi un réservoir d'atomes implantés, de perturbations structurelles telles que des 20 défauts ou des lacunes générés par les atomes implantés, d'espèces chimiques liées à des atomes implantés, etc., que l'on peut ensuite faire migrer ou reporter dans le voisinage de la première profondeur. Le nombre d'atomes implantés dans ce réservoir est adapté pour que la somme des atomes implantés à la première et à la deuxième profondeurs soit suffisant 25 pour réaliser des cavités à la première profondeur, après un traitement apte à faire migrer, vers la première profondeur, au moins une partie des atomes implantés à la deuxième. Il est entendu que ce traitement peut aussi reporter, de la deuxième profondeur vers la première profondeur, des perturbations structurelles, telles que des défauts ou des lacunes générées 30 par les atomes implantés, et des espèces chimiques liées aux atomes implantés (V-H<sub>4</sub>). Nous utiliserons par la suite, l'expression générique « espèces liées aux atomes implantés », pour désigner l'ensemble de ces

perturbations et de ces espèces chimiques liées aux atomes implantés.

Avec le procédé selon l'invention, on peut donc réduire la largeur du pic réalisé à la première profondeur, en implantant dans le substrat moins d'atomes lors de l'étape d'implantation correspondante, mais obtenir le 5 nombre d'atomes nécessaires à l'obtention de l'effet souhaité, dans le voisinage de la première profondeur par l'apport des atomes implantés, et des diverses espèces liées aux atomes implantés, ayant migré à partir du réservoir.

D'autres aspects, buts et avantages de la présente invention  
10 apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit.

L'invention sera aussi mieux comprise avec l'aide des références aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement les étapes d'un exemple de mise en œuvre, non limitatif, du procédé selon l'invention ;
- 15 - la figure 2 représente un profil de dispersion de la concentration C en ions implantés en fonction de la profondeur P dans le substrat, ce profil correspondant à un mode de mise en œuvre d'un procédé de la technique antérieure ;
  - la figure 3 représente schématiquement les perturbations induites 20 dans le substrat, par la mise en œuvre d'un procédé de la technique antérieure ;
    - la figure 4 représente, sur un même diagramme, le profil déjà représenté à la figure 2 et un profil de dispersion de la concentration C en atomes implantés en fonction de la profondeur P, ce profil correspondant à 25 un mode de mise en œuvre conforme à l'invention ;
      - la figure 5 représente schématiquement les perturbations induites dans le substrat, par la mise en œuvre d'un procédé conforme à la présente invention ; et
        - la figure 6 représente, sur un même diagramme, un autre profil de 30 dispersion de la concentration C en atomes implantés en fonction de la profondeur P, ce profil correspondant à un mode de mise en œuvre conforme à l'invention.

Selon un mode de mise en œuvre particulier, mais non limitatif, du procédé selon l'invention, représenté sur la figure 1, celui-ci est utilisé pour la préparation d'un film mince 5, notamment de matériau semi-conducteur.

Plus précisément encore, le mode de mise en œuvre du procédé 5 selon l'invention, détaillé ci-dessous, concerne la réalisation de microcavités dans des substrats 1, pour obtenir par exemple des films minces 5 de silicium sur isolant.

Par la suite, nous désignerons par microcavités des défauts ou des cavités dans le substrat 1, créés par un ou plusieurs atomes implantés. La 10 forme et la taille des microcavités peuvent être très variables. La forme de ces microcavités peut être globalement sphérique. On parle alors de microbulles. Mais plus généralement, les microcavités ont une forme de lentille, de cylindre aplati ou une forme plus irrégulière. Leur taille est de l'ordre du nanomètre à quelques centaines de nanomètres. Ces 15 microcavités peuvent contenir une phase gazeuse libre et /ou des atomes du matériau formant les parois des microcavités. Ces microcavités sont généralement appelées, dans la terminologie anglo-saxone, « platelets », « microblisters » ou « bubbles ».

Par la suite, nous désignerons par le terme « atome », l'atome aussi 20 bien sous sa forme ionisée que sous sa forme neutre, voire sous une forme moléculaire.

Un substrat 1 de matériau semi-conducteur est soumis à une étape d'implantation d'atomes pour créer une couche de microcavités 2 et une couche réservoir (figure 1a) ; éventuellement à une étape de mise en 25 contact intime d'une face 3 du substrat 1 avec un raidisseur 10 (figure 1b) ; et une étape de traitement thermique ou recuit qui permet la diffusion des atomes, et des diverses espèces liées aux atomes implantés, de la couche réservoir vers la couche de microcavités pour faire croître les microcavités (figure 1c). Cette croissance des microcavités induit des contraintes et la 30 coalescence de certaines d'entre elles. Ce qui aboutit au clivage du substrat 1 au niveau de la couche de microcavités 2.

Comme représenté sur la figure 1, le substrat 1 de matériau semi-

conducteur a, par exemple, la forme d'une plaquette, ayant deux faces principales 3, 4 parallèles, dont les dimensions sont très largement supérieures à la distance qui sépare ces deux faces 3, 4, c'est à dire à l'épaisseur de la plaquette. Cette plaquette a typiquement un diamètre de 5 200 mm (8 pouces) et une épaisseur de 725 µm. Le matériau semi-conducteur est par exemple du silicium monocristallin, dont les faces 3 et 4 sont parallèles aux plans cristallographiques (100).

Le film mince 5 est obtenu à partir du substrat 1. Le film mince 5 est constitué de la matière comprise entre l'une 3 des deux faces 3, 4 et la 10 couche de microcavités 2, au niveau de laquelle le clivage va être provoqué.

L'étape d'implantation des atomes de la couche de microcavités 2 et de la couche réservoir est réalisée préférentiellement en procédant à un bombardement d'ions sur la face 3 du substrat 1 (figure 1a), par exemple 15 grâce à un implantateur ionique. Dans ce cas, le choix de la tension d'accélération des ions permet de contrôler leur profondeur d'implantation. Les ions accélérés pénètrent dans le substrat 1 où ils subissent des chocs avec les atomes de silicium, ainsi qu'un freinage électronique. Ils interagissent donc avec les atomes de silicium et éventuellement créent des 20 liaisons chimiques avec ceux-ci (des liaisons Si-H par exemple, lorsque l'atome implanté est de l'hydrogène).

Les deux modes d'interaction, c'est à dire les chocs des atomes implantés avec les atomes de silicium et le freinage électronique, induisent une distribution de la concentration en atomes implantés en fonction de la 25 profondeur d'implantation. Le profil de distribution de la concentration des atomes implantés en fonction de la profondeur d'implantation présente un maximum (figures 2, 4 et 6). Ce profil est grossièrement de type gaussien, mais il répond à des lois statistiques plus complexes. Ce profil présente une largeur, pour une concentration donnée, d'autant plus grande que la dose 30 d'atomes bombardant la surface de la face 3 est importante. Cette dose détermine la concentration en atomes implantés dans le substrat 1 à une profondeur donnée. A titre d'exemple, lorsque la face 3 d'une plaquette de

silicium monocristallin, correspondant à un plan cristallographique (100), est soumise à un bombardement d'ions H<sup>+</sup> accélérés sous une tension de 150 kV, les atomes implantés se distribuent avec un maximum de concentration qui est situé à environ 1,3 µm de la face 3.

- 5 Il existe une concentration seuil en atomes implantés au delà de laquelle des microcavités, ou des précurseurs à la croissance de ces microcavités, sont formés avec une taille et en nombre suffisants, pour que la zone où cette concentration seuil est atteinte soit une zone privilégiée de croissance et de coalescence des microcavités, lorsqu'est effectué un  
10 traitement, préférentiellement thermique, apte à faire migrer des atomes implantés et diverses espèces liées aux atomes implantés, au voisinage de cette zone.

Les zones où cette concentration seuil est atteinte ou dépassée, sont aussi celles où interviendront les perturbations les plus importantes et le  
15 clivage. C'est l'étendue en profondeur de ces zones qu'il est avantageux de minimiser.

Dans le mode de mise en œuvre de l'art antérieur, le bombardement était prolongé en conservant la même tension accélératrice au delà de la concentration seuil, jusqu'à obtenir la concentration en atomes implantés,  
20 nécessaire au clivage. De cette manière, on obtenait un seul pic dans le profil de distribution de la concentration en atomes implantés en fonction de la profondeur. La largeur de ce pic unique et son maximum étaient relativement importants (figure 2). La zone perturbée, de largeur ΔP, qui en résultait était en conséquence aussi relativement étendue en profondeur  
25 (figure 3). Il s'ensuivait aussi une rugosité importante au niveau des surfaces de part et d'autre du plan de clivage, ainsi que des défauts d'homogénéité du matériau sur une profondeur substantielle à partir de l'interface de clivage.

Dans le mode de mise en œuvre conforme à la présente invention,  
30 on procède à une implantation d'atomes avec une première énergie. On obtient un premier pic de distribution de la concentration en fonction de la profondeur d'implantation. Ce premier pic présente un maximum, à la

première profondeur, qui correspond à une première concentration maximale. Le bombardement à cette première énergie est arrêté de préférence avant que la concentration atomique seuil n'ait été atteinte. Autrement dit, après l'arrêt du bombardement à cette première énergie, les 5 atomes sont encore en concentration insuffisante dans la région du substrat 1, voisine du maximum du pic de concentration, pour générer des microcavités en taille et en nombre suffisants pour obtenir un clivage dans des conditions souhaitées.

Dans le mode de mise en œuvre de l'invention décrit ici, on réalise 10 ensuite une deuxième et de préférence une troisième implantations, respectivement à une deuxième et une troisième énergies, différentes entre elles et différentes de la première énergie. Un exemple de profil de distribution de la concentration C en atomes implantés, en fonction de la profondeur P dans le substrat 1, à partir de la surface 3, obtenue pour ce 15 mode de mise en œuvre de l'invention avec trois énergies d'implantation est représenté sur la figure 4. Pour comparaison avec l'art antérieur, est aussi représenté sur la figure 4, le profil de distribution de la figure 2, obtenu avec une implantation avec une seule énergie. Sur cette figure est aussi tracé un trait parallèle à l'axe des abscisses, au niveau de la concentration seuil en 20 atomes implantés.

Conformément à l'invention, les atomes bombardés sur la face 3 du substrat 1 avec les deuxième et troisième énergies, sont implantés avec des concentrations maximales inférieures à la concentration maximale en atomes implantés à la première énergie. Après l'implantation aux deuxième 25 et troisième énergies, la concentration atomique totale maximale est supérieure à la concentration seuil.

A titre d'exemple, avec des ions H<sup>+</sup>, implantés dans du silicium orienté (100), avec une énergie comprise entre 60 et 80 keV, la concentration seuil est dépassée dans une zone s'étendant en profondeur 30 sur une distance inférieure à 600 Å, alors qu'avec le procédé selon l'art antérieur, cette distance était supérieure à 800 Å.

Avantageusement, pour déplacer la zone perturbée vers la partie du

substrat 1 qui sera éliminée après clivage, les deuxième et troisième énergies sont supérieures à la première énergie.

Les microcavités les plus stables sont celles présentes dans la zone où les atomes implantés sont en plus forte concentration, c'est à dire la 5 zone où ils ont été implantés avec la première énergie. Cette zone est appelée zone de génération de cavités. Des défauts, et des microcavités situées dans les régions du substrat 1 voisines de la zone de génération de cavités, migrent vers les microcavités de cette zone, lors du traitement thermique. La zone à partir de laquelle les atomes implantés, et les diverses 10 espèces liées aux atomes implantés, migrent vers la zone de génération de cavités, est appelée réservoir. Ainsi, en adaptant le nombre d'atomes implantés à la deuxième et troisième énergies, pour qu'ils constituent un réservoir d'atomes suffisamment important, la croissance des microcavités peut s'effectuer jusqu'à leur coalescence et/ou jusqu'à ce que les 15 contraintes induites par cette croissance puissent provoquer le clivage.

La figure 5 représente schématiquement la zone de génération de cavités et le réservoir au regard du profil de distribution de la concentration en atomes implantés.

Dans l'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention 20 illustré par la figure 4, le nombre d'atomes implantés à la première profondeur est supérieur au nombre d'atomes implantés aux deuxième et troisième profondeurs, et le nombre d'atomes implantés à la deuxième profondeur est inférieur au nombre d'atomes implantés à la troisième profondeur. Dans cet exemple, la dose totale d'atomes implantés avec les 25 première, deuxième et troisième énergies est égale à celle utilisée dans le cas d'implantation à une seule énergie, de la technique antérieure.

Le procédé de préparation de films minces selon l'invention est optimisé en calibrant les concentrations en atomes implantés aux diverses énergies, pour que la concentration maximale en atomes implantés à l'une 30 des énergies soit la plus proche possible de la concentration seuil avant traitement thermique, tout en implantant au total suffisamment d'atomes pour pouvoir faire croître et coalescer les microcavités et/ou générer les

contraintes nécessaires pour avoir clivage.

D'une manière générale, on cherche à obtenir un profil de distribution de la concentration en fonction de la profondeur, présentant un pic avec un épaulement sur son versant le plus profond. Le pic doit être intense et bien 5 défini pour optimiser la localisation de la zone de formation des microcavités. L'épaulement doit être bien renflé pour constituer un réservoir suffisamment important en atomes implantés. Ce résultat peut être obtenu de nombreuses manières en réalisant une multi-implantation à deux, trois, quatre énergies différentes, ou plus encore, pour planter des atomes à 10 deux, trois, quatre profondeurs, ou plus.

Afin que les atomes implantés ne diffusent pas rapidement hors de la zone située à la profondeur souhaitée ou même hors du matériau semi-conducteur lui-même, la température du substrat 1, est contrôlée et maintenue préférentiellement entre 20°C et 450°C pendant l'étape 15 d'implantation. Cependant, après l'étape d'implantation, pour faire migrer les atomes implantés et les diverses espèces liées aux atomes implantés, vers la première profondeur, la température de traitement thermique est avantageusement supérieure à 150°C. Ce traitement thermique doit permettre, en plus de la migration des atomes implantés, un réarrangement 20 cristallin et la coalescence des microcavités, le tout avec une cinétique appropriée.

Avantageusement, les atomes implantés aux première et deuxième profondeurs, se situent dans deux plans parallèles l'un à l'autre, et au maximum espacés l'un de l'autre d'une distance qui est sensiblement 25 inférieure à la distance séparant le plan de la première profondeur de la surface 3 du substrat 1 ou la surface la plus proche du plan de la première profondeur. En effet, lors du traitement thermique, il y a migration des atomes implantés et des diverses espèces liées aux atomes implantés, il est alors nécessaire que les atomes implantés, et les diverses espèces 30 liées aux atomes implantés, aux deuxième et troisième profondeurs puissent atteindre la zone de génération de cavités sans qu'une quantité significative des atomes implantés à la première profondeur n'aient atteint la

surface 3 du substrat 1.

Pour de nombreuses applications, on cherche à obtenir un film mince 5 sur une grande surface, voire sur la totalité de la face 3 du substrat 1. Pour ce type d'application, un raidisseur 10 est nécessaire. Le rôle du 5 raidisseur 10 est, entre autre, de limiter l'effet, sur le film mince 5, des contraintes engendrées par la formation et la croissance des microcavités. Le choix de la méthode de fabrication de ce raidisseur 10 et de sa nature est effectué en fonction de chaque application visée pour le film mince. Par exemple, si l'application visée est celle décrite ci-dessus, c'est à dire la 10 réalisation d'un film mince 5 de silicium sur un isolant, le raidisseur 10 est avantageusement un nouveau substrat de silicium recouvert d'oxyde. C'est alors l'oxyde qui est mis en contact intime avec le substrat 1. Ce raidisseur 10 peut être déposé directement sur le substrat 1, à l'aide de techniques de dépôt telles que l'évaporation, la pulvérisation, le dépôt chimique en phase 15 vapeur, assisté ou non par plasma ou par photons, dès lors que l'épaisseur est modérée, c'est à dire de l'ordre de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres. Le raidisseur 10 peut aussi être collé au substrat 1, soit par une substance adhérant à la fois au raidisseur 10 et au substrat 1, soit par traitement thermique et/ou électrostatique assorti éventuellement 20 d'une pression appropriée pour favoriser les liaisons interatomiques entre le raidisseur 10 et le substrat 1.

L'amélioration principale apportée par le mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, décrit ci-dessus, par rapport à la technique antérieure, est de diminuer l'étendue en profondeur de la zone perturbée 25 et/ou la rugosité sur le film mince 5.

Selon une variante du mode de mise en œuvre du procédé selon l'invention, décrit ci-dessus, la concentration maximale atteinte lors de l'implantation à la première énergie, est supérieure à la concentration seuil (figure 6). Dans ce cas, on obtient une largeur de la zone où la 30 concentration est supérieure à la concentration seuil qui est plus large qu'avec le mode de mise en œuvre précédemment décrit, mais le processus de fabrication peut être accéléré par la diminution des temps de migration.

Pour certaines applications, on ne cherche pas nécessairement à réduire la largeur de la zone perturbée. Par exemple, pour réaliser des films très minces, on peut plutôt chercher à déplacer le barycentre du pic de concentration, vers la région du substrat 1 située du côté du plan de clivage

5 qui comprendra le film mince 5. A cette fin, on réalise une implantation avec une première énergie pour implanter des atomes avec une concentration maximale, éventuellement supérieure à la concentration seuil. Ceci localise le film mince 5 entre la face 3 et le plan où sont implantés ces atomes. Puis on effectue au moins une autre implantation avec une deuxième énergie

10 supérieure à la première énergie, mais de manière à ce que la concentration maximale reste inférieure à celle correspondant à la première énergie. De cette manière, les atomes implantés à l'énergie la plus élevée peuvent constituer un réservoir d'atomes implantés, et de diverses espèces liées aux atomes implantés, aptes à migrer vers la zone où la concentration

15 en atomes implantés est supérieure. Ce réservoir est situé de l'autre côté du film mince 5, par rapport à cette dernière zone. Après clivage, les régions du substrat 1 perturbées par la formation du réservoir ne font pas partie du film mince 5. En outre, du fait de la réalisation de ce réservoir, le nombre d'atomes implantés à la première énergie peut être inférieur à ce

20 qu'il devrait être pour une simple implantation. Donc, le pic correspondant à l'implantation à la première énergie peut être moins intense et moins large, ce qui localise mieux la zone où la concentration est supérieure à la concentration seuil, plus loin en profondeur. En déplaçant ainsi le début de cette zone, il est possible de réduire l'épaisseur des films minces 5 que l'on

25 peut réaliser.

L'invention prend aussi tout son intérêt lorsque l'on veut implanter à plus haute énergie, par exemple lorsque le film mince 5 est recouvert d'une couche d'oxyde épaisse. En effet, plus l'énergie est élevée, plus la dispersion est grande et plus le pic de distribution de la concentration en

30 fonction de la profondeur est large et, par conséquent, plus la zone perturbée est grande. L'invention, en permettant de limiter la largeur de la zone perturbée, permet de limiter les traitements destinés à ôter cette zone

et permet d'obtenir des films minces 5 plus homogènes en épaisseur.

Dans ce qui précède, les qualificatifs « premier », « deuxième » et « troisième » ne sont pas utilisés pour spécifier un quelconque ordre opératoire. Ainsi, les implantations effectuées avec les deuxième et 5 troisième énergies peuvent être réalisées avant celle effectuée à la première énergie.

Dans l'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention décrit ci-dessus, une seule espèce d'atomes, l'hydrogène, est utilisé. Pour certaines applications, il est avantageux que les atomes implantés soient 10 des atomes de gaz rare. Avantageusement aussi, plusieurs espèces atomiques peuvent être utilisées pour un même traitement du substrat 1. Les autres espèces atomiques pouvant être utilisées sont par exemple, l'hélium, l'argon, le néon, le krypton ou le xénon. Mais on peut utiliser tout autre atome susceptible de créer des microcavités ou une zone de 15 fragilisation dans le matériau qui subit le traitement.

Chaque espèce atomique peut être accélérée à une énergie différente ou même plusieurs espèces atomiques peuvent être accélérées avec la même énergie.

De même, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre en 20 implantant des atomes par bombardement ionique, grâce à un implanteur ionique. Mais il est possible d'utiliser toute autre source d'atomes, pouvant les accélérer avec une énergie adaptée à la profondeur d'implantation souhaitée. On peut par exemple procéder à une immersion du substrat 1 dans un plasma en utilisant un champ électrique accélérateur au voisinage 25 du matériau à planter. On peut aussi envisager, sans s'éloigner de l'esprit de l'invention, de procéder à une implantation par diffusion des espèces atomiques à planter, dans le substrat 1. Dans ce cas, le profil de distribution de la concentration en fonction de la profondeur dans le substrat 1, n'est plus un pic de type gaussien, mais prend plutôt la forme d'une 30 distribution de Poisson. On appelle alors « profondeur d'implantation », le maximum de cette distribution.

Dans l'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention,

décrit ci-dessus, le clivage est obtenu grâce au contraintes imposées par la croissance des microcavités et la coalescence de celles-ci. Ces effets sont induits par la migration, provoquée par le traitement thermique, des atomes implantés, et des diverses espèces liées aux atomes implantés, aux 5 deuxième et troisième énergies. Ce traitement thermique peut être combiné avec une contrainte mécanique apte à faciliter ou provoquer un clivage au niveau des microcavités. Cette contrainte mécanique est, par exemple, générée par des ultrasons. Cette variante de mise en œuvre du procédé selon l'invention, est particulièrement utile lorsque l'on se contente de 10 fragiliser le substrat 1 au niveau de la zone de génération de cavités, sans nécessairement faire croître ces microcavités jusqu'à leur coalescence.

Dans l'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention décrit ci-dessus, le matériau du substrat 1 est un semi-conducteur, et plus précisément du silicium monocristallin, poreux ou non. Mais le procédé 15 selon l'invention est applicable à des substrats de tout autre matériau, semi-conducteur ou non (comme la silice par exemple), pris dans un état monocristallin, polycristallin, ou même amorphe. Ces différents états peuvent, par ailleurs, avoir été rendus poreux ou non.

Avantageusement aussi, le procédé selon l'invention peut être mis en 20 œuvre sur un substrat 1 comprenant sur sa face 3, au moins un élément lui conférant une structure hétérogène par la nature du matériau de cet élément ou par les reliefs que cet élément génère sur cette face 3. Cette structure hétérogène est par exemple constituée d'un composant électronique ou d'une structure multicoche homogène ou hétérogène.

25 Dans l'exemple de mise en œuvre du procédé selon l'invention décrit ci-dessus, le matériau du raidisseur 10 est du silicium recouvert d'oxyde. Mais le procédé selon l'invention est applicable à des raidisseurs 10 de tout autre matériau, semi-conducteur ou non (comme la silice par exemple), pris dans un état monocristallin, polycristallin, ou même amorphe. Ces différents 30 états peuvent, par ailleurs, avoir été rendus poreux ou non.

Avantageusement aussi, le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre avec un raidisseur 10 comprenant sur sa face de mise en contact

avec le substrat 1, au moins un élément lui conférant une structure hétérogène par la nature du matériau de cet élément ou par les reliefs que cet élément génère sur cette face. Cette structure hétérogène est par exemple constituée d'un composant électronique ou d'une structure 5 multicouche homogène ou hétérogène.

Le procédé selon l'invention est aussi applicable à des substrats 1 d'isolant, de supraconducteur, etc. D'une manière générale, il sera avantageusement utilisé avec les matériaux pour fabriquer des composants électroniques, optiques ou opto-électroniques.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement de substrats, notamment semi-conducteurs, par implantation d'atomes, dans le but de créer dans un substrat (1) des 5 cavités à une profondeur contrôlée, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à:

- planter des atomes dans le substrat (1) à une première profondeur, pour obtenir une première concentration d'atomes à cette première profondeur ;

10 - planter des atomes dans le substrat (1) à une deuxième profondeur différente de la première, pour obtenir à cette deuxième profondeur, une deuxième concentration d'atomes, inférieure à la première ;

- effectuer sur le substrat (1), un traitement apte à faire migrer vers la première profondeur, au moins une partie des atomes implantés à la 15 deuxième profondeur, de manière à générer préférentiellement les cavités à la première profondeur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le traitement apte à faire migrer au moins une partie des atomes implantés, est aussi apte à reporter, vers la première profondeur, des perturbations 20 structurelles et des espèces chimiques liées aux atomes implantés, créées à la deuxième profondeur par les atomes implantés à cette deuxième profondeur.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que le traitement apte à faire migrer au moins une partie des 25 atomes implantés à la deuxième profondeur et à reporter, vers la première profondeur, des perturbations structurelles et des espèces chimiques liées aux atomes implantés, est un traitement thermique.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les cavités formées à la première profondeur constituent une 30 zone de fragilisation, au niveau de laquelle peut être effectué un clivage du substrat (1).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le

fait qu'il est appliqué au traitement de substrats destinés à la réalisation de composants électroluminescents ou photoluminescents.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que les atomes implantés sont des atomes d'hydrogène ou de  
5 gaz rare.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que plusieurs espèces atomiques sont utilisées pour un même traitement du substrat (1).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé  
10 par le fait qu'au moins une étape consistant à faire pénétrer des atomes dans le substrat (1) est réalisée par bombardement ionique.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait qu'au moins une des étapes d'implantation des atomes dans le substrat (1) est réalisée par immersion du substrat (1) dans un plasma.

15 10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les atomes sont respectivement implantés aux première et deuxième profondeurs, dans deux plans parallèles l'un à l'autre, et au maximum espacés l'un de l'autre d'une distance qui est sensiblement inférieure à la distance séparant le plan situé à la première profondeur de la  
20 surface (3) du substrat (1) la plus proche de celui-ci.

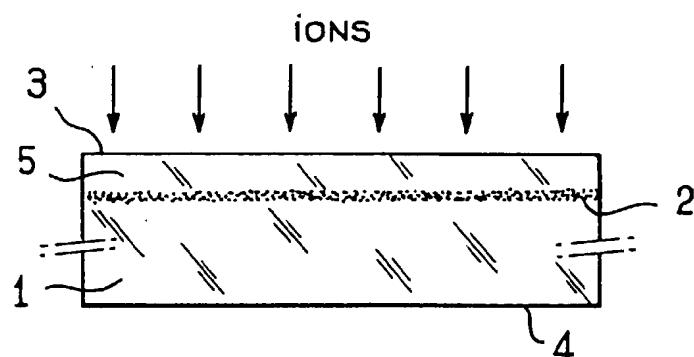
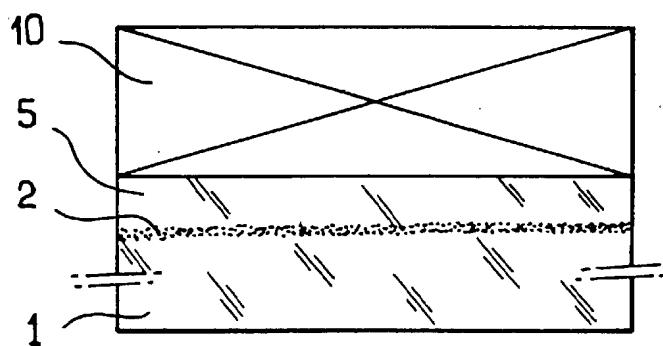
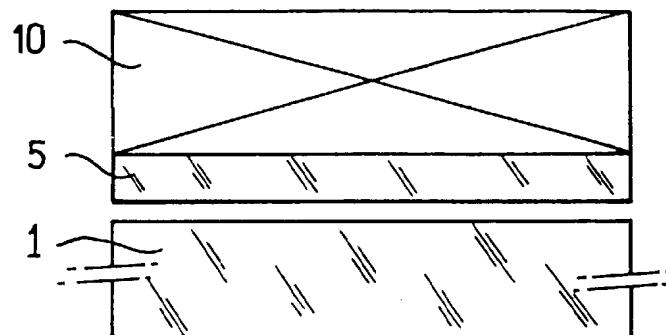
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé par le fait que l'on réalise une multi-implantation, pour planter des atomes à plusieurs profondeurs différentes, de manière à obtenir un profil de distribution de la concentration présentant un pic avec un épaulement sur  
25 son versant le plus profond.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'on réalise l'implantation des atomes à trois profondeurs différentes.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé  
30 en ce que le nombre d'atomes implantés à la première profondeur est supérieure au nombre d'atomes implantés aux deuxième et troisième profondeurs, et en ce que le nombre d'atomes implantés à la deuxième

profondeur est inférieur au nombre d'atomes implantés à la troisième profondeur.

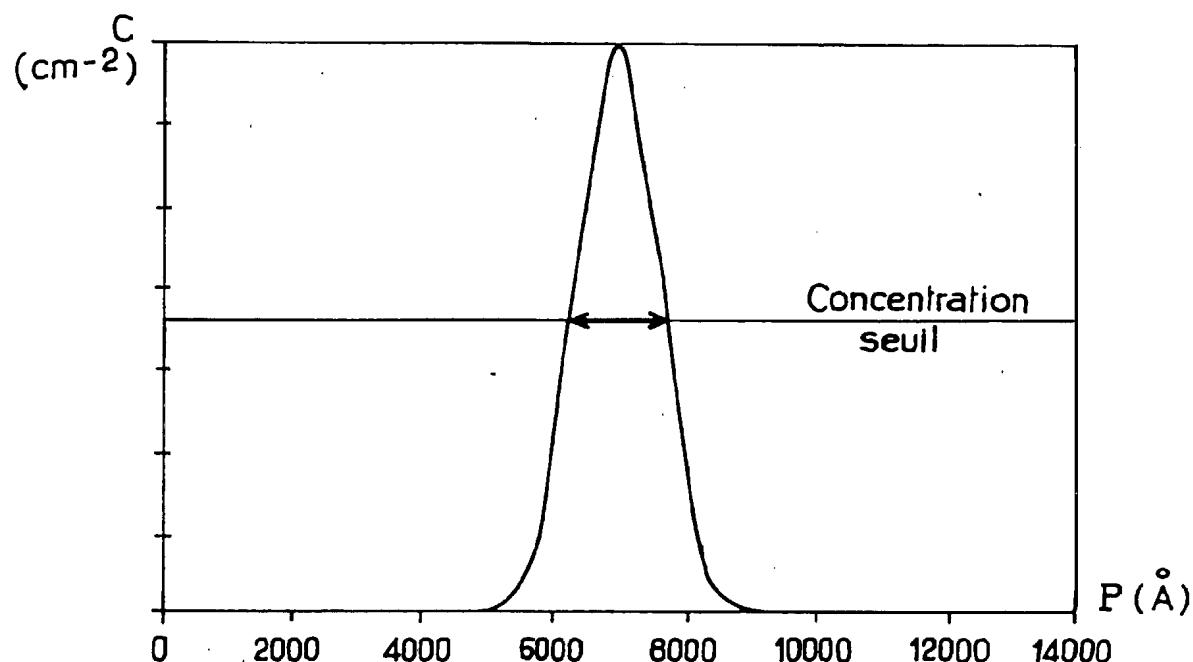
1 / 4

FIG. 1aFIG. 1bFIG. 1c

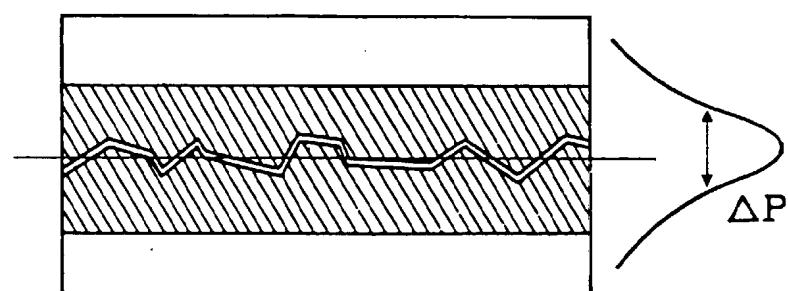
2 / 4

FIG. 2

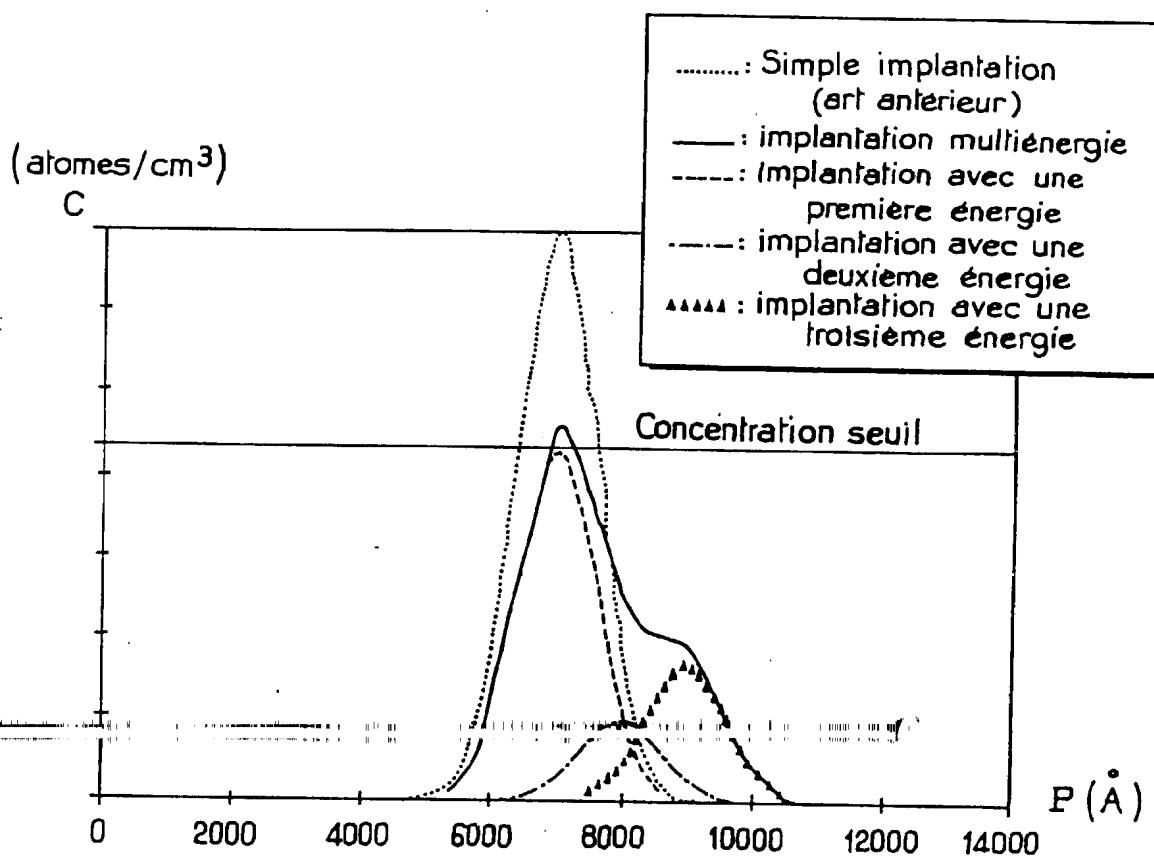
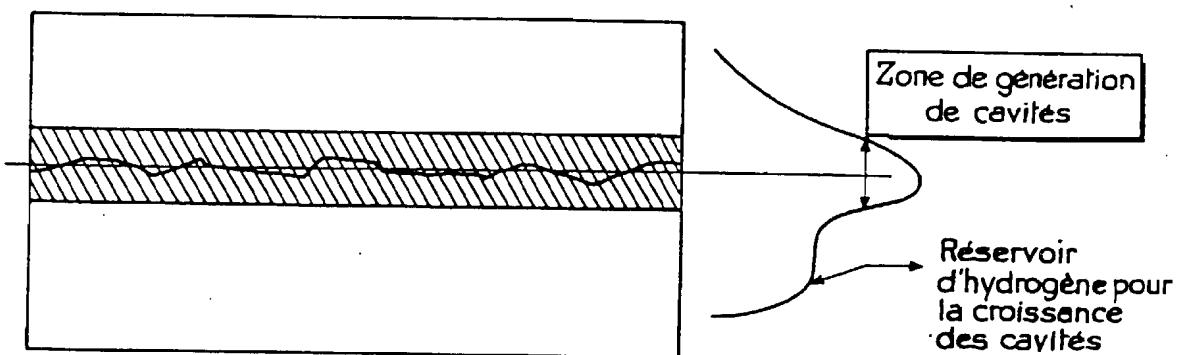
ART ANTERIEUR

FIG. 3

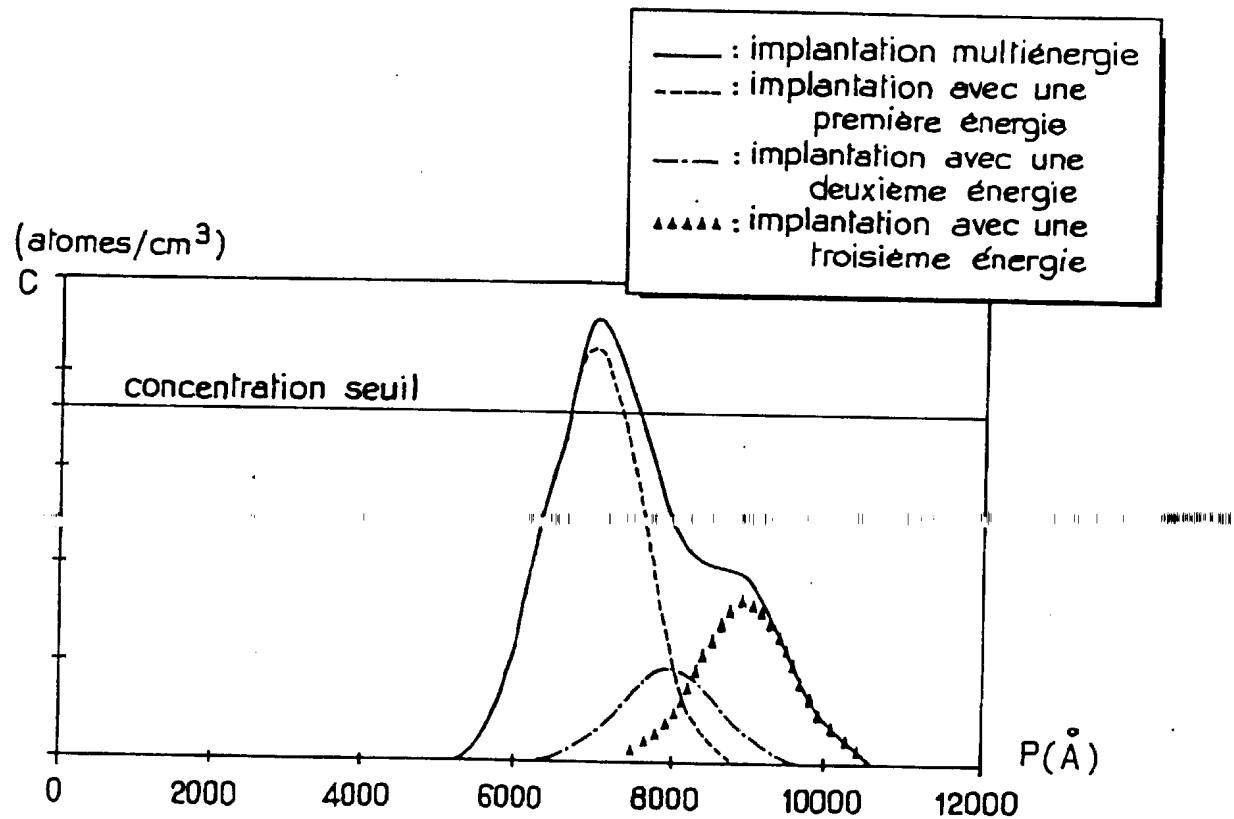
ART ANTERIEUR



3 / 4

FIG. 4FIG. 5

4 / 4

FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2774510

N° d'enregistrement  
nationalFA 554768  
FR 9801172

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée
X	EP 0 801 419 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 15 octobre 1997 * colonne 1, ligne 1 - ligne 14 * * colonne 2, ligne 5 - ligne 19 * * colonne 5, ligne 8 - ligne 11 * * colonne 5, ligne 33 - colonne 6, ligne 29 * * colonne 7, ligne 20 - colonne 8, ligne 32; figures 1-4 * * colonne 8, ligne 54 - colonne 9, ligne 22; revendications 1-4,6,9 *	1-4,6,8, 10-12
Y	---	5,7,9,13
Y	EP 0 703 609 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 27 mars 1996 * colonne 1, ligne 5 - ligne 14 * * colonne 6, ligne 19 - ligne 46 *	5
D,Y	US 5 374 564 A (BRUEL MICHEL) 20 décembre 1994 * colonne 2, ligne 15 - ligne 48 * * colonne 3, ligne 10 - ligne 46 * * colonne 4, ligne 39 - ligne 50 * * colonne 5, ligne 1 - colonne 6, ligne 12; figures 1-4 *	7
A	---	1-6,8,10
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 034 (P-427), 8 février 1986 & JP 60 182090 A (FUJITSU KK), 17 septembre 1985 * abrégé *	9
	---	-/-
1	Date d'achèvement de la recherche 30 octobre 1998	Examinateur Klopfenstein, P
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

**INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

# RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

**N° d'enregistrement  
national**

FA 554768  
FR 9801172

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS				
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendications concernées de la demande examinée		
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 264 (P-495), 9 septembre 1986 -& JP 61 087296 A (FUJITSU LTD), 2 mai 1986 * abrégé *	13		
A	GB 2 211 991 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 12 juillet 1989 * page 1, ligne 4 - page 2, ligne 13 * * page 3, ligne 1 - ligne 31; figure 1 * -----	1-4, 6, 8, 10		
DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)				
Date d'achèvement de la recherche				
30 octobre 1998				
Examinateur				
Klopfenstein, P				
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES				
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.			
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général	D : cité dans la demande			
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons			
P : document intercalaire	.....			
EPO FORM 1503 03/82 (PO4C13)				
.....				